




EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG


Anmeldenummer: 84115154.1


Int. Cl.: G 02 B 6/42


Anmeldetag: 11.12.84



Priorität: 02.03.84 DE 3407840



Veröffentlichungstag der Anmeldung:
 25.09.85 Patentblatt 85/39



Benannte Vertragsstaaten:
 AT BE CH DE FR GB IT LI NL SE


Anmelder: Siemens Aktiengesellschaft
 Berlin und München Wittelsbacherplatz 2
 D-8000 München 2(DE)


Erfinder: Keil, Rudolf, Dr.-Ing.
 Pulverturmstrasse 27a
 D-8000 München 45(DE)


Erfinder: Mathyssek, Konrad, Dr.-Ing.
 Herzog-Tassilo-Ring 28
 D-8011 Zorneding(DE)


Erfinder: Wittmann, Julius, Dipl.-Ing.
 Ludwig-Thoma-Strasse 1
 D-8024 Deisenhofen(DE)


Koppelanordnung zum Ankoppeln eines Lichtwellenleiters an einen Halbleiterlaser und Verfahren zur Herstellung einer solchen Anordnung.


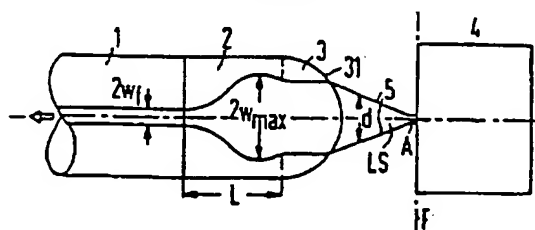

Koppelanordnung zum Ankoppeln einer Monomodefaser (1) an einen Halbleiterlaser (4). Die Koppelanordnung besteht aus einer an die Monomodefaser (1) angeschlossenen Gradientenfaser (2) definierter Länge (L) und aus einer sphärischen oder asphärischen brechenden Faserlinse (3), die an das Ende der Gradientenfaser (2) angeschmolzen ist. Die Koppelanordnung hat den Vorteil, daß sie einen großen Öffnungswinkel, eine geringe Rückwirkung der ersten Linsefläche und nur wenige reflektierende Flächen aufweist, und daß sie wenig Justierschritte benötigt.

FIG 2



EP 0 155 379 A2

Siemens Aktiengesellschaft
Berlin und München

Unser Zeichen
VPA 84 P 1194 E

5 Koppelanordnung zum Ankoppeln eines Lichtwellenleiters
an einen Halbleiterlaser und Verfahren zur Herstellung
einer solchen Anordnung

10 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Koppelanordnung
zum Ankoppeln eines Lichtwellenleiters, insbesondere
eines Monomode-Lichtwellenleiters an einen Halbleiter-
laser nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und ein
Verfahren zur Herstellung einer solchen Anordnung.

15 Für die Ankopplung eines Lichtwellenleiters,
insbesondere eines Monomode-Lichtwellenleiters an Halb-
leiterlaser ist eine Vielzahl von Koppelanordnungen vor-
geschlagen und untersucht worden (siehe beispielsweise
20 Sakai J.I. und Kimura T.: Design of miniature lens for
semiconductor laser to single-mode fiber coupling, IEEE
Journal of Qu. Electron. QE-16 (1980) 1059-1066;
Saruwatari M. und Sugie T.: Efficient laser diode to
single-mode fiber coupling using a combination of two
25 lenses in confocal condition, IEEE Journal of Qu.
Electron. QE-17 (1981) 1021-1027; Kuwahara H., Sasaki M.
und Tokoyo N.: Efficient coupling from semiconductor
laser into single-mode fibers with tapered hemispherical
ends, Appl. Optics 19 (1980) 2578-2583; Sumida M. and
Takemoto K.: Lens aberration effect on a laser-diode-to-
30 single-mode fiber coupler, Electron. Lett. 18 (1982)
562-587; Khoe G.D. Poulissen J. de Vrieze H.M.:
Efficient coupling of laser diodes to tapered monomode
fibres with high-index end, Electron. Lett. 19 (1983)
205-207 und Lieu K.Y.: Single-longitudinal-mode
35 operation of injection laser coupled to a grinded
external cavity, Electron. Lett. 19 (1983) 750-751).
Ed 1 Stt/9.2.1984

Zwei wichtige Beurteilungskriterien für Koppelanordnungen sind ein möglichst hoher Koppelwirkungsgrad und eine möglichst geringe Rückwirkung durch reflektiertes Licht auf den Laser, die durch entsprechende Ausführung der Koppeloptik beeinflußt werden können.

Mit diskreten Linsen, beispielsweise einer Kombination aus Gradientenlinse und Kugellinse, erreicht man große Öffnungswinkel und relativ große Abstände zwischen Laser und der ersten Linsenfläche. Durch den großen Abstand zwischen dem Laser und der Linse wird die Rückwirkung durch reflektiertes Licht von der ersten Linsenfläche verringert. Dieser Vorteil kann jedoch durch die Vielzahl von rückwirkenden Linsenflächen verlorengehen. Zudem wächst die Zahl der Justierschritte mit der Anzahl der diskreten Linsen.

Weniger Justierschritte sind nötig, wenn die Koppelanordnung mit der Faser fest verbunden ist, wie beispielsweise beim Fasertaper mit angeschmolzener Linse. Nachteilig ist hierbei der geringe Öffnungswinkel und der relativ kleine Abstand zwischen Laser und Linse und die damit größere Rückwirkung durch die erste Linsenfläche als bei mehreren diskreten Linsen. Dafür ist jedoch nur diese erste Linsenfläche der angeschmolzenen Linse vorhanden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Koppelanordnung der eingangs genannten Art anzugeben, die einen großen Öffnungswinkel, eine geringe Rückwirkung der ersten Linsenfläche und nur wenige reflektierende Flächen aufweist, und die wenig Justierschritte benötigt.

Diese Aufgabe wird durch eine Koppelanordnung der eingangs genannten Art gelöst, welche die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale aufweist.

Die erfindungsgemäße Koppelanordnung verbindet die Vorteile einer diskreten Linsenordnung, die in großen Öffnungswinkel und in der geringen Rückwirkung der ersten Linsenfläche zu sehen sind, mit den Vorteilen einer integrierten Linsenordnung, die wenig Justierschritte benötigt und wenige reflektierende Flächen aufweist.

Die erfindungsgemäße Koppelanordnung ist mit dem Lichtwellenleiter verbunden. Mit ihr wird eine Anpassung des Fleckradius des Lasers an den größeren Fleckradius des Lichtwellenleiters erreicht, der durch den Radius des im Lichtwellenleiter geführten Grundmodes bestimmt ist.

Bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Koppelanordnung gehen aus den Ansprüchen 2 bis 7 hervor.

Insbesondere hat es sich gezeigt, daß die Herstellung des richtigen Krümmungsradius der brechenden Linse sehr erleichtert wird, wenn gemäß Anspruch 5 das Ende der Gradientenfaser einen Durchmesser aufweist, der zumindest annähernd dem Zweifachen dieses Krümmungsradius entspricht.

Für den Fall, daß der Durchmesser der angespleißten Gradientenlinse größer ist als der besagte Krümmungsradius, wird die Gradientenlinse zweckmäßigerweise auf den genannten Durchmesser abgeätzt, so daß die in Anspruch 6 angegebene Anordnung entsteht.

Ein Verfahren zur Herstellung der erfindungsgemäßen Koppelanordnung geht aus dem Anspruch 8 hervor. Die Ansprüche 9 und 10 geben zwei verschiedene Wege an, wie bei diesem Verfahren nach Anspruch 10 die brechende Linse hergestellt werden kann. Eine Anordnung nach An-

spruch 6 wird mit einem genannten Verfahren zweckmäßigerweise so hergestellt, wie es im Anspruch 11 angegeben ist.

5 Die Erfindung wird anhand der beigefügten Figuren in der folgenden Beschreibung näher erläutert, wobei insbesondere eine beispielhafte Koppelanordnung beschrieben wird. Von den Figuren zeigen

10 Figur 1 den Strahlverlauf in einer Gradientenlinse generell und speziell in einer Gradientenfaser, die an eine Monomode-Lichtleitfaser angekoppelt ist,

15 Figur 2 die beispielhafte Koppelanordnung zum Ankoppeln eines Halbleiterlasers an eine Monomodefaser, und

Figur 3 eine Koppelanordnung mit geätzter Gradientenfaser.

20

In einer Gradientenlinse, beispielsweise eine Gradientenfaser oder ein anderer dielektrischer Wellenleiter mit parabolischem oder annähernd parabolischem radialem Brechzahlverlauf, ändert sich der Fleckradius w des
25 geführten Lichts mit gaußförmiger Querschnittsverteilung 51 der Lichtintensität in Längsrichtung der Linse periodisch. Wie die Figur 1 zeigt, schwankt der Fleckradius w längs der Gradientenlinse 2' wellenförmig periodisch zwischen einem maximalen Fleckradius w_{\max} und
30 einem minimalen Fleckradius w_{\min} . Der zu einer genaueren Anpassung notwendige maximale Fleckradius w_{\max} bei Ankopplung an eine Monomodefaser 1 mit dem Fleckradius $w_c = w_{\min}$ errechnet sich aus Nicia A.: Loss analysis of laser-fiber coupling and fiber combiner, and its

35

application to wavelength division multiplexing, Appl. Optics. 21 (1982) 4280-4289 zu

$$w_{\max} = w_0^2 / w_f$$

wobei w_0 der Fleckradius des ausbreitungsfähigen Grundmodes in der Gradientenfaser 20 ist (siehe dazu D. Marcuse: Gaussian approximation of the fundamental modes of graded-index fibers, J. Opt. Soc. Am. 68 (1978) 103-109).

Um eine möglichst große Brennweite der Koppelanordnung und damit einen großen Abstand zwischen dem Halbleiterlaser und der Linse zu erreichen, muß der maximale Fleckradius w_{\max} möglichst groß sein. Da w_{\max} quadratisch mit w_0 wächst, ist eine Gradientenfaser mit möglichst großem Fleckradius w_0 des Grundmodes günstig. Typische Werte liegen zwischen $7 \mu\text{m} \leq w_0 \leq 10 \mu\text{m}$ bei einer Wellenlänge $\lambda_0 = 1,3 \mu\text{m}$. Mit Fleckradien von $5 \mu\text{m} \leq w_f \leq 6 \mu\text{m}$ in der Monomodefaser 20 ergibt sich eine Fleckaufweitung um den Faktor 1,5 bis 4. Die in der Figur 1 eingetragene Pitchlänge P der Gradientenlinse liegt bei einer Gradientenfaser bei etwa 1 mm. Die Berechnung der Pitchlänge einer Gradientenfaser wird beispielsweise in Tomlinson W.J.: Aberrations of GRIN-rod lenses in multimode optical fiber devices, Appl. Opt. 19 (1980) 1117-1125 durchgeführt.

Die vorstehend dargelegten Erkenntnisse sind bei der in der Figur 2 dargestellten Koppelanordnung berücksichtigt. Bei dieser Koppelanordnung ist mit 1 die gleiche Monomodefaser wie in Figur 1 bezeichnet und die an diese Monomodefaser 1 unmittelbar angespleißte Gradientenfaser 2 entspricht bis auf die definierte Länge L genau der Gradientenfaser 2' in Figur 1. Die definierte Länge L

der Gradientenfaser 2 liegt im Bereich $P/4 \leq L < P/2$ und hängt im wesentlichen vom gewünschten Öffnungswinkel und der gewünschten Brennweite der Koppelanordnung ab. Da die Strahlaufweitung in der Gradientenfaser gemäß Figur 1 periodisch erfolgt, sind auch definierte Längen L im Bereich $P/4 + n \cdot P/2 \leq L < P/2 + n \cdot P/2$ möglich, wobei n eine beliebige natürliche Zahl bedeutet. Allerdings wirken sich dabei Linsenfehler der Gradientenfaser, insbesondere die sphärische Aberration verstärkt aus.

An die Gradientenfaser 2 definierter Länge L ist die brechende Linse 3 angeschmolzen, deren brechende Linsenfläche 31 im dargestellten Fall sphärisch ist. Anstelle der sphärischen Linsenfläche kann auch eine asphärische Linsenfläche verwendet werden.

Der Halbleiterlaser 4 wird relativ zur Koppelanordnung so angeordnet, daß seine Apertur A , aus welcher der Laserstrahl LS austritt, in der Brennebene F der brechenden Linse 3 liegt. Wie sich der Fleckdurchmesser d des aus dem Halbleiterlaser 4 austretenden Laserstrahls LS in Ausbreitungsrichtung und beim Durchgang durch die Koppelanordnung 2 bis zur Monomodefaser 1 ändert, zeigen die Fleckbegrenzungslinien 5. Der Fleckdurchmesser d des divergent aus der Apertur A austretenden Laserstrahls LS vergrößert sich auf der Strecke vom Halbleiterlaser 4 bis zur Linsenfläche 31 der brechenden Linse 3 auf einen Durchmesser, der etwa $2w_{\max}$ entspricht. Dieser Durchmesser wird in der brechenden Linse in etwa beibehalten und verkleinert sich nach dem Übertritt des Laserstrahls in die Gradientenfaser 2 auf den Durchmesser $2w_{\min} = 2w_f$, der dem Fleckdurchmesser des Grundmodus der Monomodefaser 1 entspricht und der an der Grenzfläche zwischen der Gradientenfaser 2 und der Monomodefaser 1 erreicht wird. Dieser Durchmesser wird in der Monomodefaser 1 beibehalten.

Zur Herstellung der Koppelanordnung nach Figur 2 kann so vorgegangen werden: Eine Gradientenfaser wird mit einem kommerziellen Spleißgerät an die Monomodefaser 1 angespleißt und mit einem Fasertrenngerät auf die gewünschte definierte Länge L abgeschnitten. Zweckmäßigerweise wird eine Gradientenfaser verwendet, die den gleichen Außendurchmesser wie die Monomodefaser aufweist, weil dadurch sowohl das Spleißen als auch das Trennen problemlos erfolgt.

10

An das glatt abgetrennte freie Ende der angespleißten Gradientenfaser kann eine Quarzlinse oder eine Linse aus hochbrechendem Glas angeschmolzen werden. Die Quarzlinse wird durch Rundschmelzen des Endes der Gradientenfaser im Lichtbogen hergestellt. Der gewünschte Krümmungsradius der brechenden Linsenfläche bildet sich insbesondere beim Rundschmelzen des Faserendes am einfachsten, wenn das Ende der Gradientenfaser vorher auf einen Durchmesser abgeätzt wird, der dem doppelten Krümmungsradius der Linsenfläche entspricht. Die hochbrechende Linse kann durch Eintauchen der Gradientenfaser in eine Schmelze aus hochbrechendem Glas erzeugt werden. Beim Herausziehen bleibt ein Tropfen kontrollierbarer Größe hängen, der sich durch die Oberflächenspannung zu einer Linse formt. Damit könnten sphärische und asphärische Linsen hergestellt werden (siehe R. Keil, K. Mathyssek, J. Wittmann: Herstellung von gezogenen Glasfasertapern mit angeschmolzener Linse, Laborbericht LB-Nr. FKE 3-444).

30

Die Figur 3 zeigt eine Koppelanordnung aus der Monomodefaser 1, einer daran angespleißten Gradientenfaser 2 und einer angeschmolzenen brechenden Linse 3, bei der die Gradientenfaser 2 durch Eintauchen in ein Ätzmittel an dem Ende, an dem die brechende Linse 3 angeschmolzen

35

- 8 - VPA 84 P 1194 E

ist, einen Durchmesser D aufweist, der zumindest annähernd gleich dem Zweifachen des gewünschten Krümmungsradius r der sphärischen Linsenfläche 31 der brechenden Linse 3 ist. Das Abätzen erfolgt zweckmäßigerweise nach dem Anspießen der Gradientenfaser 2 an die Monomodefaser 1 und natürlich vor dem Anbringen der brechenden Linse 3.

10 11 Patentansprüche
3 Figuren

15

20

25

30

35

Patentansprüche

1. Koppelanordnung zum Ankoppeln eines Lichtwellen-
 leiters, insbesondere eines Monomode-Lichtwellenleiters
 5 an einen Halbleiterlaser, bestehend aus einer Gradienten-
 linse und einer brechenden Linse, die zwischen dem
 Lichtwellenleiter und dem Laser anzuordnen sind,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die
 Gradientenlinse aus einer direkt an den Lichtwellen-
 10 leiter (1) gespleißten Gradientenfaser (2) definierter
 Länge L besteht, deren minimaler Fleckradius (w_{\min}) etwa
 gleich dem Fleckradius (w_f) des Lichtwellenleiters (1)
 gewählt ist, daß die definierte Länge L bestimmt ist
 durch

15

$$P/4 + n \quad P/2 \leq L < P/2 + n \quad P/2 \quad n = 0, 1, 2 \dots$$

wobei P die Pitchlänge der Gradientenfaser (2) bedeutet,
 und daß die brechende Linse (3) eine an die Gradienten-
 20 faser (2) definierter Länge L angeschmolzene Linse (3)
 ist, deren brechende Fläche dem Halbleiterlaser (4)
 zugekehrt ist und in deren Brennebene (F) etwa die
 Apertur (A) des Halbleiterlasers (4) anzuordnen ist,
 aus welcher der Laserstrahl (LS) austritt.

25

2. Anordnung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -
 k e n n z e i c h n e t , daß der maximale Fleck-
 radius (w_{\max}) mehr als das 1,4-fache des minimalen
 Fleckradius (w_{\min}) beträgt.

30

3. Anordnung nach Anspruch 2, d a d u r c h g e -
 k e n n z e i c h n e t , daß der maximale Fleckradius
 (w_{\max}) weit mehr als das 1,5-fach des minimalen
 35 Fleckradius (w_{\min}) beträgt.

35

4. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die brechende Linse (3) eine sphärische Linsenfläche (31) aufweist.

5

5. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Gradientenfaser (2) an dem Ende, an dem die brechende Linse (3) angeschmolzen ist, einen Durchmesser (D) aufweist, der zumindest annähernd dem Zweifachen des vorbestimmten Krümmungsradius (r) der Linsenfläche (31) der brechenden Linse (3) entspricht.

15

6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Gradientenfaser (2) auf den Durchmesser (D) abgeätzt ist, der zumindest annähernd dem Zweifachen des vorbestimmten Krümmungsradius (r) der Linsenfläche (31) entspricht.

20

7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die brechende Linse (3) eine asphärische Linsenfläche aufweist.

25

8. Verfahren zur Herstellung einer Koppelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Gradientenfaser an den Lichtwellenleiter angespleißt und auf die definierte Länge (L) abgeschnitten wird, und daß an das getrennte Ende der angespleißten Gradientenfaser (2) die brechende Linse (3) angeschmolzen wird.

30

9. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die brechende Linse (3) durch Rundschmelzen des getrennten Endes der angespleißten Gradientenfaser (2) im Lichtbogen erzeugt wird.

35

10. Verfahren nach Anspruch 6, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , daß die brechende Linse
(3) durch Eintauchen des glatt getrennten Endes der
angespleißten Gradientenfaser (2) in eine Schmelze aus
5 Glas und durch Herausziehen des eingetauchten Endes aus
der Schmelze erzeugt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, ins-
besondere nach Anspruch 9, zur Herstellung einer An-
10 ordnung nach Anspruch 6, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , daß die angespleißte Gra-
dientenlinse (2) vor dem Anbringen der brechenden Linse
(3) durch Eintauchen in ein Ätzmittel auf den Durch-
messer (D) abgeätzt wird, der zumindest annähernd dem
15 Zweifachen des vorbestimmten Krümmungsradius (r) der
Linsenfläche (31) entspricht.

20

25

30

35

FIG 1

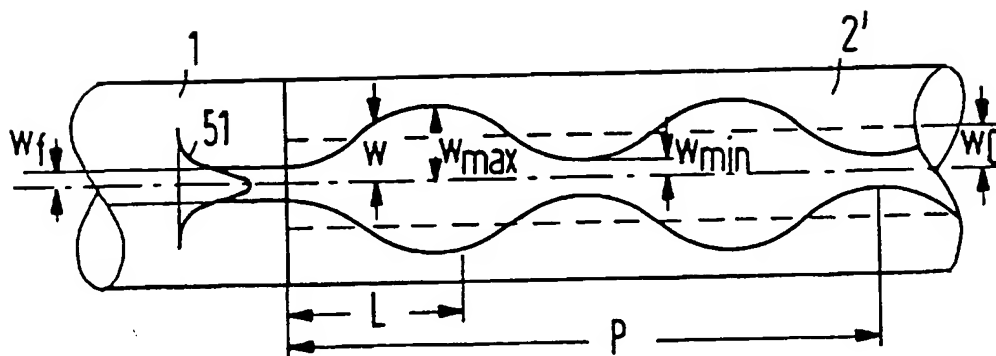


FIG 2

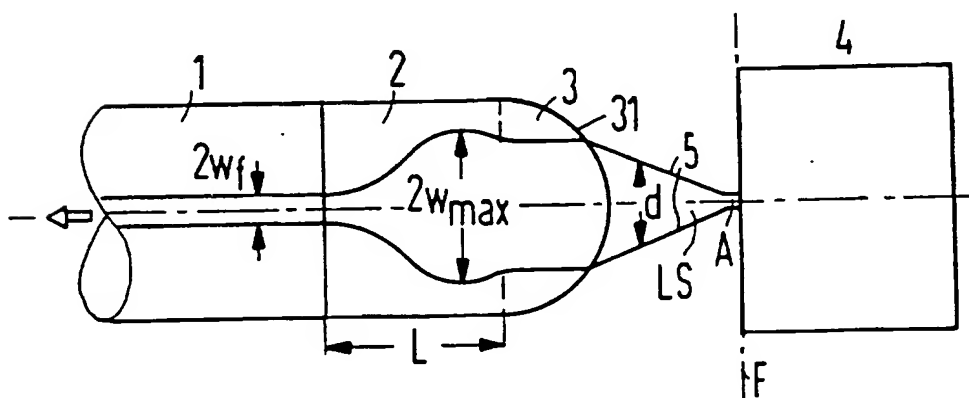
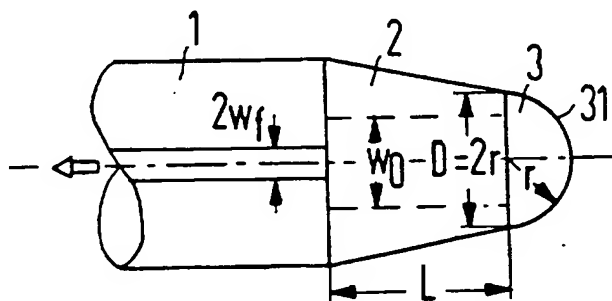


FIG 3



⑫

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑰ Anmeldenummer: 84115154.1

⑤① Int. Cl.⁴: **G 02 B 6/42**

⑱ Anmeldetag: 11.12.84

⑳ Priorität: 02.03.84 DE 3407840

⑦① Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft Berlin und München, Wittelsbacherplatz 2, D-8000 München 2 (DE)**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung: 25.09.85
Patentblatt 85/39

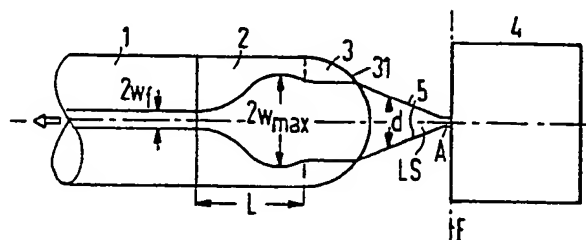
⑧④ Benannte Vertragsstaaten: AT BE CH DE FR GB IT LI NL
SE

⑦② Erfinder: **Keil, Rudolf, Dr.-Ing., Pulverturmstrasse 27a, D-8000 München 45 (DE)**
Erfinder: **Mathyssek, Konrad, Dr.-Ing., Herzog-Tassilo-Ring 28, D-8011 Zorneding (DE)**
Erfinder: **Wittmann, Julius, Dipl.-Ing., Ludwig-Thoma-Strasse 1, D-8024 Deisenhofen (DE)**

⑧⑧ Veröffentlichungstag des später veröffentlichten
Recherchenberichts: 23.12.87 Patentblatt 87/52

⑤④ **Koppelanordnung zum Ankoppeln eines Lichtwellenleiters an einen Halbleiterlaser und Verfahren zur Herstellung einer solchen Anordnung.**

⑤⑦ Koppelanordnung zum Ankoppeln einer Monomodefaser (1) an einen Halbleiterlaser (4). Die Koppelanordnung besteht aus einer an die Monomodefaser (1) angespleißten Gradientenfaser (2) definierter Länge (L) und aus einer sphärischen oder asphärischen brechenden Faserlinse (3), die an das Ende der Gradientenfaser (2) angeschmolzen ist. Die Koppelanordnung hat den Vorteil, daß sie einen großen Öffnungswinkel, eine geringe Rückwirkung der ersten Linsenfläche und nur wenige reflektierende Flächen aufweist, und daß sie wenig Justierschritte benötigt.



EP 0 155 379 A3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0155379

Nummer der Anmeldung

EP 84 11 5154

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
D, X	IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, Band QE-17, Nr. 6, Juni 1981, Seiten 1021-1027; M. SARUWATARI et al.: "Efficient laser diode to single-mode fiber coupling using a combination of two lenses in confocal condition" * insbesondere Figur 1 *	1	G 02 B 6/26
A	--- DE-A-2 360 951 (SIEMENS AG) * Anspruch 1 *	1,8	
A	--- DE-A-2 805 358 (AEG TELEFUNKEN) * Anspruch 1 *	7	
A	--- DE-A-3 101 378 (STANDARD ELEKTRIK LORENZ) * Seite 6, Zeile 18 - Seite 7, Zeile 8 *	8,9	
A	--- DE-A-3 134 508 (LICENTIA) * Seite 8 *	8,9,11	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort BERLIN		Abschlußdatum der Recherche 16-09-1987	Prüfer FUCHS R
<div>EPA Form 1503 03 82</div> <div>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</div>			